


METHOD FOR MANUFACTURING THERMALLY TEMPERED GLASS ARTICLE AND MANUFACTURING APPARATUS USED FOR THE SAME

Patent Number: JP2003261344
Publication date: 2003-09-16
Inventor(s): YUKI KAZUAKI; KATO HIROAKI; NAKAOKA HIDEKAZU
Applicant(s): NIPPON SHEET GLASS CO LTD
Requested Patent:  JP2003261344
Application Number: JP20020064290 20020308
Priority Number(s):
IPC Classification: C03B27/012; C03B35/16; C03C23/00; H05B6/80
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing a thermally tempered glass article capable of imparting a high temperature gradient to the surface layer and interior of the glass during cooling in a cold air tempering method and a manufacturing apparatus.

SOLUTION: The method for manufacturing the thermally tempered glass article comprises irradiating the surface of the glass article heated to its straining point or above and its softening point or below with electromagnetic waves of milliwave bands under heat generation while cooling the surface of the glass article, thereby thermally tempering the glass article. The apparatus for manufacturing the thermally tempered glass article including a heating furnace capable of heating the glass article to its straining point or above and its softening point or below, a conveyance mechanism for conveying the glass article and a cooling mechanism capable of forcibly cooling the glass article is provided with an oscillation mechanism for irradiating the glass article with the electromagnetic waves of the milliwave bands capable of causing the glass article to generate heat.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-261344
(P2003-261344A)

(43) 公開日 平成15年9月16日 (2003.9.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
C 0 3 B 27/012		C 0 3 B 27/012	3 K 0 9 0
	35/16		4 G 0 1 5
C 0 3 C 23/00		C 0 3 C 23/00	D 4 G 0 5 9
H 0 5 B 6/80		H 0 5 B 6/80	A

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-64290 (P2002-64290)

(22) 出願日 平成14年3月8日 (2002.3.8)

(71) 出願人 000004008
日本板硝子株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号
(72) 発明者 結城 一哲
大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号
日本板硝子株式会社内
(72) 発明者 加藤 浩昭
大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号
日本板硝子株式会社内
(74) 代理人 100069084
弁理士 大野 精市

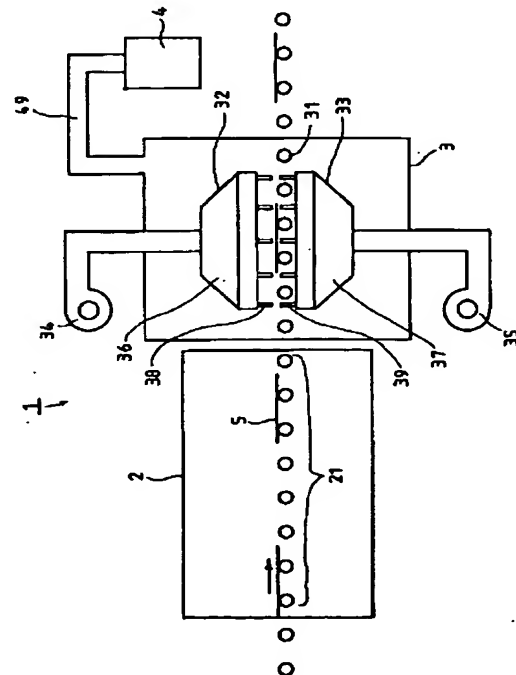
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱強化ガラス物品の製造方法、およびそれに用いる製造装置

(57) 【要約】

【課題】 風冷強化方法において、冷却中にガラス表面層と内部に大きな温度勾配を付与できる熱強化ガラス物品の製造方法、および製造装置を提供する。

【解決手段】 歪み点以上軟化点以下に加熱したガラス物品の表面を冷却しつつ、ミリ波帯の電磁波を照射して前記ガラス物品を発熱させながら熱強化することを特徴とする熱強化ガラス物品の製造方法である。ガラス物品をその歪み点以上軟化点以下に加熱しうる加熱炉、前記ガラス物品を搬送する搬送機構、および前記ガラス物品を強制的に冷却しうる冷却機構を含む熱強化ガラス物品の製造装置において、前記ガラス物品を発熱させるミリ波帯の電磁波を照射する発振機構を備えることを特徴とする熱強化ガラス物品の製造装置である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 歪み点以上軟化点以下に加熱したガラス物品の表面を冷却しつつ、ミリ波帯の電磁波を照射して前記ガラス物品を発熱させながら熱強化することを特徴とする熱強化ガラス物品の製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記ミリ波は、周波数で表して11～300GHzの電磁波である熱強化ガラス物品の製造方法。

【請求項3】 請求項2に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記ミリ波は、周波数で表して18～300GHzの電磁波である熱強化ガラス物品の製造方法。

【請求項4】 請求項1に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記冷却は風冷による熱強化ガラス物品の製造方法。

【請求項5】 請求項1に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記ガラス物品の中心層の温度が、粘性流を起こす温度域以下に低下するまで、前記ミリ波の照射を行う熱強化ガラス物品の製造方法。

【請求項6】 請求項1に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記ガラス物品の加熱温度は、前記ガラスの歪み点+50度から歪み点+200度とした熱強化ガラス物品の製造方法。

【請求項7】 請求項1に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記ガラス物品は、板ガラスである熱強化ガラス物品の製造方法。

【請求項8】 請求項7に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記板ガラスの板厚が2.5mm以下である熱強化ガラス物品の製造方法。

【請求項9】 請求項7に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記板ガラスの中心層引張り応力が少なくとも20MPaである熱強化ガラス物品の製造方法。

【請求項10】 ガラス物品をその歪み点以上軟化点以下に加熱しうる加熱炉、前記ガラス物品を搬送する搬送機構、および前記ガラス物品を強制的に冷却しうる冷却機構を含む熱強化ガラス物品の製造装置において、前記ガラス物品を発熱させるミリ波帯の電磁波を照射する発振機構を備えることを特徴とする熱強化ガラス物品の製造装置。

【請求項11】 請求項10に記載の熱強化ガラス物品の製造装置において、前記ミリ波帯の電磁波はジャイロトロンにより発振されている熱強化ガラス物品の製造装置。

【請求項12】 請求項10に記載の熱強化ガラス物品

の製造装置において、

前記冷却機構は、冷却用空気を吹き付ける機構である熱強化ガラス物品の製造装置。

【請求項13】 請求項10に記載の熱強化ガラス物品の製造装置において、

前記冷却機構内にあるガラス物品に、前記発振機構から発せられたミリ波を照射する熱強化ガラス物品の製造装置。

【請求項14】 請求項1から9いずれかに記載の製造方法によって、熱強化されたことを特徴とする熱強化板ガラス。

【請求項15】 熱強化された板ガラスであって、前記板ガラスの板厚が1.8mm未満で、かつ中心層引張り応力が少なくとも10MPaである熱強化板ガラス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、熱強化ガラス物品の製造方法、およびそれに用いる製造装置に関し、さらに熱強化板ガラスに関する。

【0002】

【従来の技術】ガラスを強化する方法としては、大きく分けて物理的方法と化学的方法がある。物理的な強化方法としては、冷却方法の違いによって、風冷法、液冷法、ミスト冷却法や固体接触冷却法などがある。このうち、風冷法が最も広く行われている。

【0003】典型的な冷却方法である風冷強化方法は、板ガラスを加熱炉にてガラスの軟化点付近にまで加熱した後、板ガラスの表面に空気を吹き付け急冷し、強化するものである。このようにして強化された板ガラスは、未強化の板ガラスに比べて3倍以上の強度を有しており、車両用窓ガラスや安全ガラスとして広く用いられている。

【0004】自動車用窓ガラスの用途においては、軽量化のために、板厚の薄い強化ガラスが求められている。

【0005】しかしながら、板ガラスの厚みが薄くなると、風冷強化しようとしても、ガラス表面層と中心層の温度勾配を大きくすることができなくなる。このため、十分な強化度が得られなくなってしまう、という不具合がある。

【0006】そこで冷却能力を上げて、ガラス表面層と内部に大きな温度勾配をつけようとする、冷却時にガラスが破損する確率が大きくなってしまい、工業的生産の大きな妨げとなってしまう。また冷却能力を上げるにしても、自ずと限界が存在する。

【0007】またガラス表面層と中心層に大きな温度勾配をつけようとして、加熱温度を上げると、熱による変形を起こしやすくなるために、例えば板ガラスとしての反射歪みや透視歪みなどの光学特性を損なうことになってしまう。

【0008】このような問題を解決するために、特開昭59-227732号には「ガラス板の強化装置」が、特開昭59-227733号には「ガラス板の強化方法」が、提案されている。いずれも固体接触冷却法を前提に適用される技術であり、その要旨は以下に示すように同じであり、方法と装置の違いだけである。

【0009】すなわち、「冷却作用を有するクラツパー」の間に加熱されたガラス板を挟んで上記クラツパーによりガラス板をその表面から冷却するとともに、ガラス板に高周波電力を印可してガラス板の板厚方向の中心部と表面部との温度差をより一層拡大させてガラス板を強化する」技術である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述した特開昭59-227732号や特開昭59-227733号は、固体接触冷却方法を前提とする技術であり、「クラツパー」はガラス加熱用の電極とガラス冷却用接触材を兼用している。そのためガラスは「クラツパー」に接触していなければならない。また、ここで示された数十kHz～数十MHzの範囲の高周波電力を、「クラツパー」を介さず直接ガラスに照射したとしても、ガラスを効果的に加熱することはできない。

【0011】また、固体接触冷却方法では、ガラスと冷却用固体の均一な接触を維持することは難しい。また、同時に曲げ加工を行うためには、「クラツパー」と加熱されたガラスを、緩衝部材を介して挟み込むことになる。この緩衝部材の存在のため、ガラスの急速な冷却は困難となってしまう。また、ガラスの熱が緩衝部材を通して「クラツパー」に移るために、「クラツパー」の温度が上昇する。したがって、十分にガラスを冷却しつづけることが困難となる。

【0012】また「クラツパー」を冷却するための水槽を設けた場合、冷媒である水自身が高周波電力で加熱されることになる。これは、水に代えて油を冷媒とした場合でも同様である。「クラツパー」にエアを吹き付けて冷却することも考えられる。しかし、エアは通常水分を含んでおり、この水分が高周波電力によって加熱されてしまう。このため、乾燥エアを用いなければ、効果的に冷却することができない。

【0013】このように、「数十kHz～数十MHz」の範囲の高周波電力を、急冷中のガラスに照射したとしても、ガラスを効果的に熱強化することはできない。

【0014】また通常の風冷強化の方法で、強化可能な厚みを有する板ガラスでも、さらに強化度を上げた、いわゆる超強化ガラスが求められている。

【0015】そこで本発明は、以上の問題点を鑑みてなされたもので、風冷強化方法において、冷却中にガラス表面層と中心層に大きな温度勾配を付与し熱強化できるガラス物品の製造方法、およびそれに用いる製造装置の提供を目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】すなわち本発明は、第1形態として、熱強化ガラス物品の製造方法であって、請求項1に記載された発明として、歪み点以上軟化点以下に加熱したガラス物品の表面を冷却しつつ、ミリ波帯の電磁波を照射して前記ガラス物品を発熱させながら熱強化することを特徴とする熱強化ガラス物品の製造方法である。

【0017】請求項2に記載された発明として、請求項1に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記ミリ波は、周波数で表して11～300GHzの電磁波である熱強化ガラス物品の製造方法である。

【0018】請求項3に記載された発明として、請求項2に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記ミリ波は、周波数で表して18～300GHzの電磁波である熱強化ガラス物品の製造方法である。

【0019】請求項4に記載された発明として、請求項1に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記冷却は風冷による熱強化ガラス物品の製造方法である。

【0020】請求項5に記載された発明として、請求項1に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記ガラス物品の中心層の温度が、粘性流を起こす温度域以下に低下するまで、前記ミリ波の照射を行う熱強化ガラス物品の製造方法である。

【0021】請求項6に記載された発明として、請求項1に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記ガラス物品の加熱温度は、前記ガラスの歪み点+50度から歪み点+200度とした熱強化ガラス物品の製造方法である。

【0022】請求項7に記載された発明として、請求項1に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記ガラス物品は、板ガラスである熱強化ガラス物品の製造方法である。

【0023】請求項8に記載された発明として、請求項7に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記板ガラスの板厚が2.5mm以下である熱強化ガラス物品の製造方法である。

【0024】請求項9に記載された発明として、請求項7に記載の熱強化ガラス物品の製造方法において、前記板ガラスの中心層引張り応力が少なくとも20MPaである熱強化ガラス物品の製造方法である。

【0025】また本発明の第2形態として、熱強化ガラス物品の製造装置であって、請求項10に記載された発明として、ガラス物品をその歪み点以上軟化点以下に加熱しうる加熱炉、前記ガラス物品を搬送する搬送機構、および前記ガラス物品を強制的に冷却しうる冷却機構を含む熱強化ガラス物品の製造装置において、前記ガラス物品を発熱させるミリ波帯の電磁波を照射する発振機構を備えることを特徴とする熱強化ガラス物品の製造装置である。

【0026】請求項11に記載された発明として、請求項10に記載の熱強化ガラス物品の製造装置において、前記ミリ波帯の電磁波はジャイロトロンにより発振される熱強化ガラス物品の製造装置である。

【0027】請求項12に記載された発明として、請求項10に記載の熱強化ガラス物品の製造装置において、前記冷却機構は、冷却用空気を吹き付ける機構である熱強化ガラス物品の製造装置である。

【0028】請求項13に記載された発明として、請求項10に記載の熱強化ガラス物品の製造装置において、前記冷却機構内にあるガラス物品に、前記発振機構から発せられたミリ波を照射する熱強化ガラス物品の製造装置である。

【0029】また本発明の第3形態として、熱強化された板ガラスであって、請求項14に記載された発明として、請求項1から9いずれかに記載の製造方法によって、熱強化されたことを特徴とする熱強化板ガラスである。

【0030】請求項15に記載された発明として、熱強化された板ガラスであって、前記板ガラスの板厚が1.8mm未満で、かつ中心層引張り応力が少なくとも10MPaである熱強化板ガラスである。

【0031】本発明の特徴は、風冷強化工程において、冷却中のガラスにミリ波を照射することでガラスの中心層を加熱して、ガラスの表面層と中心層に、より大きな温度差を導入しながら、熱強化を行うことである。

【0032】ここで、熱強化方法のメカニズムを確認しておく。この説明では、広く用いられている板ガラスの熱強化を例としている。

【0033】(1) まず板ガラスを加熱炉を用いて、ガラスの軟化点付近にまで加熱する。

(2) 加熱された板ガラスを前記炉から取り出し、その表面に多量の冷却用空気を急速に吹き付けて、急冷する。

(3) そうすると、板ガラスの表面層は急速に冷やされて固まり始めて、熱収縮を起こす。

(4) この板ガラス表面層付近に発生した熱収縮は、まだ軟化状態にある板ガラスの中心層に、粘性流を引き起こす。

(5) 冷却が進み前記中心層において、ほとんど粘性緩和の起こらない温度以下にまで冷却された時に、板ガラスの厚さ方向に温度勾配ができる。

(6) さらに冷却が進んで、板ガラスが常温にまで冷却され熱的に平衡な状態となると、板ガラス中に存在していた温度勾配はなくなる。

(7) この過程において、温度の高かった板ガラスの中心層は、表面層に近い部分に比べて、多く熱収縮をしなければならなくなる。

(8) そこで、板ガラスの中心層と表面層において、熱収縮に差が発生することになる。

(9) このことが、板ガラスに内部応力を生じさせる。この内部応力は、板ガラスの表面層近くでは圧縮応力であり、中心層では引張り応力となる。

【0034】このように、熱強化された板ガラスの厚さ方向における応力分布は、図9に示したようにほぼ放物線状になる、とされる。また板ガラス全体として、圧縮応力と引張り応力はつり合っている。板ガラスの表面層近くに導入された圧縮応力が、ガラスの強度を大きくしていることになる。

【0035】なお図において、横軸は応力(σ)を、縦軸は板ガラスの厚み(t)を表している。横軸の(+)側は引張り応力を、(-)側は圧縮応力を表している。

【0036】板ガラスの強度を大きくするには、ガラスの中心層で粘性流が起きている間に導入された温度勾配を大きくすればよい。この温度勾配の大きさは、冷却能力とガラスの厚みに比例する。このため、厚みの薄い板ガラスでは、熱強化を施すことが困難になっていた。

【0037】そこで本発明は、板ガラスの表面を冷却している際に、ミリ波を照射することによって、板ガラス中心層で粘性流が起きている状態をできるだけ保つようにして、導入できる温度勾配を大きくしようとしたことを特徴とするものである。

【0038】この結果、本発明は従来、風冷強化が実質的に不可能であった板厚の薄い板ガラスを強化できる、好適な熱強化ガラスの製造方法および製造装置である。また通常、建築用に使用されている厚みの板ガラスにおいても、ガラスの中心層引張り応力が少なくとも75MPa以上であるような超強化ガラスの製造にも適している。

【0039】なおミリ波帯の電磁波の照射は、少なくとも風冷の初期段階から行い、板ガラス中心層で粘性流が起きている状態をできるだけ保つようにすることが重要である。

【0040】

【発明の実施の形態】図面を参照しながら、本発明を詳細に説明する。なおガラス物品として、板ガラスを例に説明する。

【0041】図1は、本発明を実施しうる強化ガラスの製造装置の一例である。製造装置1は、少なくとも加熱炉2、冷却機構3および発振機構4を備えている。さらに、加熱炉2と冷却機構3には、それぞれに付随する搬送機構を備えている。

【0042】加熱炉2における板ガラス5の加熱は、ヒータによる電気加熱でも、バーナによるガス加熱でもよい(いずれも図示せず)。また発振機構による加熱であってもよい。つまり、板ガラスを歪み点以上軟化点付近にまで加熱しうる能力がある加熱方法であればよい。

【0043】搬送機構は、図示しない駆動装置に接続された加熱炉用ローラー群21と、冷却機構用ローラー群31からなっている。ローラー群31は、その周囲を耐

熱性スリーブで被覆されているとよい。またこれに限られることなく、吊り金具で板ガラスを吊り下げ、駆動装置で搬送するようにしてもよい。

【0044】なお、後述する発振機構が備えられた冷却機構における搬送機構は、ミリ波の照射によって、加熱されないような材質で構成されていることが好ましい。例えば、ローラーの耐熱性スリーブの材料としては、金属製繊維、高純度シリカ繊維、アルミナ繊維が好ましい。これらの材料は、照射されるミリ波の波長域において、誘電率が小さいので、ミリ波の照射によって加熱されることがなく、好ましい。また、目的の板ガラスだけを効率的に加熱することにもつながる。

【0045】冷却機構3には、ブロー34、35から送られてくる冷却用空気を、板ガラス5の表面に吹き付けるための上冷却ユニット32と上冷却ユニット33が設けられている。各冷却ユニットには、それぞれ空気室36、37とノズル群38、39が設けられている。これにより、加熱された板ガラスを強制的に冷却することができる。なお、板ガラスに吹き付けられた空気を強制的に排気する機構を有していることが好ましい。

【0046】なお、冷却用空気に水分が含まれていると、ミリ波の照射によって、この空気が吹き付けられた板ガラスの表面が優先的に発熱してしまう。このため、風冷強化がうまく行われなくなる恐れがある。これを防ぐため、冷却用空気には、乾燥空気をを用いるとよい。

【0047】発振機構4は、ミリ波を照射する発振器（ジャイロトロン）を備えている。板ガラスにミリ波帯の電磁波を照射すると、誘電体であるガラス内部で分子振動が起こり、振動摩擦によってガラスが発熱する。このような発振機構としては、ジャイロトロンを適用することができる。なお、発振されるミリ波帯の電磁波の影響が周囲へ及ばないように、冷却機構3は、その周囲を金属製のチャンバーで構成されていることが好ましい。発振器から発振されたミリ波は、導波管49にてチャンバー内に導かれている。

【0048】このような構成により、加熱された板ガラスの表面を冷却しつつ、ミリ波を照射して板ガラスの内部を発熱させながら強化することができる。

【0049】板ガラスの加熱に用いるミリ波帯の電磁波は、周波数で表して少なくとも18GHz以上の電磁波を用いることが好ましい。このような周波数の電磁波であると、ガラスにエネルギーがよく吸収されるため、ガラスを効率的に加熱でき、またミリ波が照射される範囲内にある金属部分で、放電を起こすことがないので、好ましい。

【0050】板ガラスを加熱するためのミリ波帯の電磁波は、冷却過程において板ガラス中心層の温度が粘性流を起こす温度域より低下するまで、照射し続けておくことが好ましい。続いて、常温まで冷却機構により、板ガラスを冷却するとよい。また、冷却機構に続く搬送機構

上にて、放置し徐冷してもよい。

【0051】本発明に用いるジャイロトロン41は、図2に示したような構造を有している。ジャイロトロンとは、電子サイクロトロン共鳴メーザー（CRM）を発振原理とし、大電力のミリ波帯の電磁波を高効率で発振可能な電子管のことである。

【0052】ジャイロトロン41は、電磁波を発振する空洞の共振器（キャビティ）45をその中心に持ち、電子銃42やコレクタ47からなるジャイロトロン本体と、共振器部に強力な磁場を発生させるための主磁石46とから構成されている。また、電子銃42の周りには、電子銃用電磁石43が備えられている。これらの磁石は必要な磁場を発生できれば、強力な永久磁石でもよいし、通常の電磁石や超伝導電磁石でもよい。

【0053】マグネトロン入射型電子銃42から生成された電子ビームは、ジャイロ運動しながらビームトンネル44を経て、空洞の共振器（キャビティ）45に入射する。そのジャイロ運動エネルギーは、強磁場が印加された円筒型の共振器（キャビティ）45において、非常に限られた空間でCRM原理により強磁場と相互作用させて、電磁波のエネルギーに変換される。

【0054】さらに、相互作用を終えた電子ビームはコレクタ47で回収され、変換された電磁波は出力窓48から照射される。

【0055】本発明では、ミリ波帯の電磁波の照射により板ガラスの表面層と中心層に大きな温度差を導入することができるので、熱強化のために冷却する直前の板ガラスを必要以上の温度にまで加熱する必要がない。したがって、板ガラスの加熱温度は、前記ガラスの軟化点近傍にまで上げる必要がなく、歪み点+50度から歪み点+200度の範囲にすればよい。この結果、板ガラスを加熱しすぎることなく熱強化することができるので、熱的影響による光学特性の劣化を少なくすることができる。このことは、特に薄板ガラスの強化において重要である。

【0056】（予備実験1）まず、本発明の特徴であるミリ波帯の電磁波の照射により、板ガラスの中心層を加熱できるか確認してみた。図3に測定の様子を模式的に示した。なお図3では、説明のために単板ガラス52の一部を切り取った様子を示している。

【0057】まず、2枚の単板ガラス（51、52）にそれぞれ溝53を設け、この2つの溝を向かい合うように2枚の単板ガラスに重ね合わせた。この溝部に熱電対61を挿入して、板ガラスの中心層の温度を測定できるようにした。また単板ガラス52の表面にも熱電対62を設けて、表面層の温度を測定できるようにした。なお熱電対61、62は、記録計63に接続されている（図4参照）。このとき、単板ガラスの板厚は1.4mmとした。

【0058】この予備実験1および2で用いたミリ波照

射装置における、チャンバー3、板ガラス5およびジャイロトン41の配置構成図を図4に示した。この装置を用い、ステージ54上に配置された板ガラス5にミリ波を照射した。そのときの板ガラス中心層の温度変化を図5に示した。なお、ジャイロトンの照射条件は、周波数：28GHz、出力：4kWであった。

【0059】図5に示された結果より、板ガラスにミリ波を照射することにより、板ガラスの中心層を加熱できることが確認できた。この予備実験1の条件では、照射時間がわずか数分で、板ガラスの中心層を700℃以上に加熱できることがわかった。

【0060】(予備実験2) つぎに、予め軟化点付近にまで加熱された板ガラスを冷却する際に、本発明の特徴であるミリ波帯の電磁波の照射することにより、板ガラスの中心層と表面層における温度差がどのようになるか、確認してみた。なお、冷媒には乾燥空気を用い、図6に示したノズル7を図4に示したチャンバー内にセットして、乾燥空気を、ノズル7の吹き出し穴71から板ガラスの表面に吹き付けた。

【0061】上述した2枚の単板ガラスを重ね合わせた板ガラスにおいて、その中心層と表面層の温度をそれぞれ測定した。この板ガラスを、まず電気加熱炉にて650℃まで加熱した。そして、乾燥空気を吹き付けて冷却したときにおける、板ガラスの中心層と表面層における温度履歴の結果を図7に示す。図7において、縦軸は温度(℃)であり、横軸は時間(T(秒))である。

【0062】図7(a)は、ミリ波帯の電磁波を照射した場合における、板ガラスの中心層(実線)と表面層(破線)の温度履歴を示している。まず板ガラスは、650℃まで加熱され、T=0(秒)の時点から、ミリ波帯の電磁波が照射されつつ乾燥空気が吹き付けられ、冷却される。

【0063】一方、図7(b)は、冷却中の板ガラスに、ミリ波帯の電磁波を照射しない場合における、板ガラスの中心層(実線)と表面層(破線)の温度の時間的経過を示している。この場合も同じく、T=0(秒)の時点から、乾燥空気が吹き付けられ、冷却されている。

【0064】さらに、図7に示したミリ波帯の電磁波を照射した場合と照射しない場合において、板ガラスの中心層と表面層の温度差の時間的経過を図8に示した。図8において、実線は、ミリ波帯の電磁波を照射した場合であり、破線は照射しない場合である。図において、縦軸は温度差Δt(℃)であり、横軸は時間(T(秒))である。

【0065】図8より明らかなように、冷却中の板ガラスに、ミリ波帯の電磁波を照射することにより、板ガラスの中心層と表面層に、大きな温度差を導入できることがわかった。その温度差は、この予備実験2の場合では、ミリ波帯の電磁波照射しない場合に比べて、約60℃であることがわかった。

【0066】(具体例1) 厚み1.8mm、寸法200×200mmの板ガラスを用いて、熱強化板ガラスを製造してみた。製造条件は、以下のようである。

ガラスの加熱温度：650℃

風圧：約98kPa (=10mH₂O)

ジャイロトンの照射条件：28GHz、2.5kW

【0067】ジャイロトンを照射しながら風冷強化した具体例1では、得られた板ガラスの中心層引張り応力は、30MPaであった。この結果、従来の風冷強化法では、強化することが困難だった厚み1.8mmの板ガラスでも、熱強化できることがわかった。

【0068】(具体例2) 厚み2.5mm、寸法200×200mmの板ガラスを用いて、熱強化板ガラスを製造してみた。製造条件は、以下のようである。

ガラスの加熱温度：650℃

風圧：約78kPa (=8mH₂O)

ジャイロトンの照射条件：28GHz、2.5kW

【0069】ジャイロトンを照射しながら風冷強化した具体例2では、得られた板ガラスの中心層引張り応力は、40MPaであった。2.5mm程度の厚みの板ガラスは、通常の風冷強化法でも強化可能である。その強化度(中心層引張り応力)は、上記の加熱温度および風圧条件では、30MPa程度であり、この具体例2では、風冷強化法よりも、より強化度の高い板ガラスが得られた。

【0070】以上では、板ガラスを例として説明したが、これ以外の形態のガラス物品においても本発明の製造方法が適用できることはいうまでもない。

【0071】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明による製造方法では、熱強化が困難だった板厚の薄い板ガラスでも強化できるという効果を奏する。

【0072】本発明に用いるミリ波は、周波数で表して18GHz以上とすると、金属製ジグを使用できるようになり、装置を構成する材料の選択が容易となる。

【0073】本発明による製造方法では、ガラス物品の加熱温度は、軟化点温度近くまで高くする必要がないので、熱的影響による歪みなどの光学特性の劣化を少なくすることができる、という優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による熱強化ガラス物品の製造装置の一例を説明する概略構成図である。

【図2】本発明に用いるジャイロトンの構造を説明する図である。

【図3】温度測定の様子を説明する模式図である。

【図4】冷却機構の具体例を説明する模式図である。

【図5】ミリ波照射による板ガラスの中心層の加熱の様子を表すグラフである。

【図6】予備実験2で用いたノズルを説明する図である。

【図7】予備実験2における、板ガラスの中心層と表面層の温度の時間的経過を示すグラフである。

【図8】予備実験2における、板ガラスの中心層と表面層の温度差の時間的経過を示すグラフである。

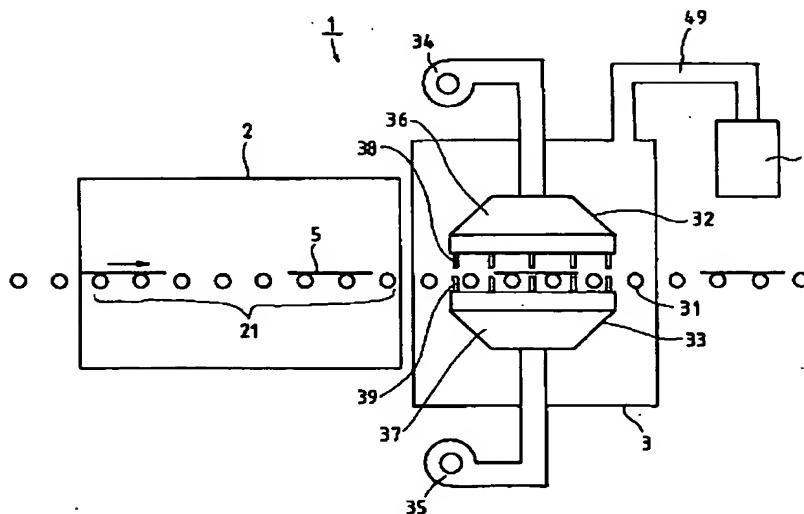
【図9】一般の熱強化ガラスにおける応力分布の様子を示す図である。

【符号の説明】

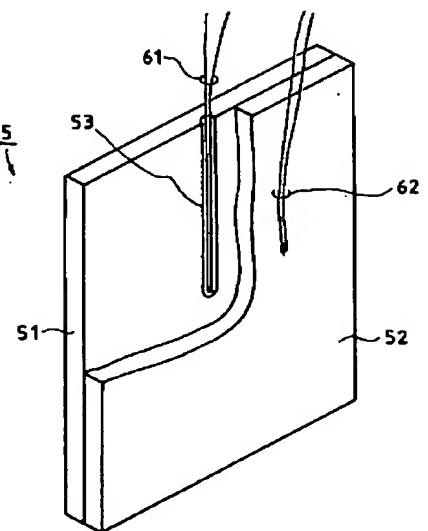
- 1：熱強化ガラス物品の製造装置
- 2：加熱炉
- 21：加熱炉用搬送機構
- 3：冷却機構（チャンバー）
- 31：冷却機構用搬送機構
- 32：上冷却ユニット
- 33：下冷却ユニット
- 34：上冷却ユニット用ブロー
- 35：下冷却ユニット用ブロー
- 36：上冷却ユニットの空気室
- 37：下冷却ユニットの空気室
- 38：上ノズル群
- 39：下ノズル群

- 4：発振機構
- 41：ジャイロトロン
- 42：電子銃
- 43：電子銃用電磁石
- 44：ビームトンネル
- 45：共振器（キャビティ）
- 46：主電磁石
- 47：ビームコレクタ
- 48：出力窓
- 49：導波管
- 5、51、52：板ガラス
- 53：溝
- 54：ステージ
- 6：熱電対
- 61：中心層測定用熱電対
- 62：表面層側適用熱電対
- 63：記録計
- 7：ノズル
- 71：吹き出し穴

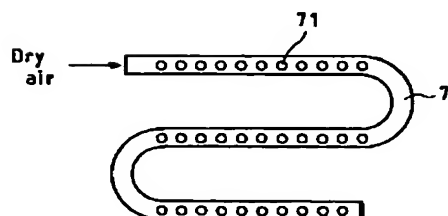
【図1】



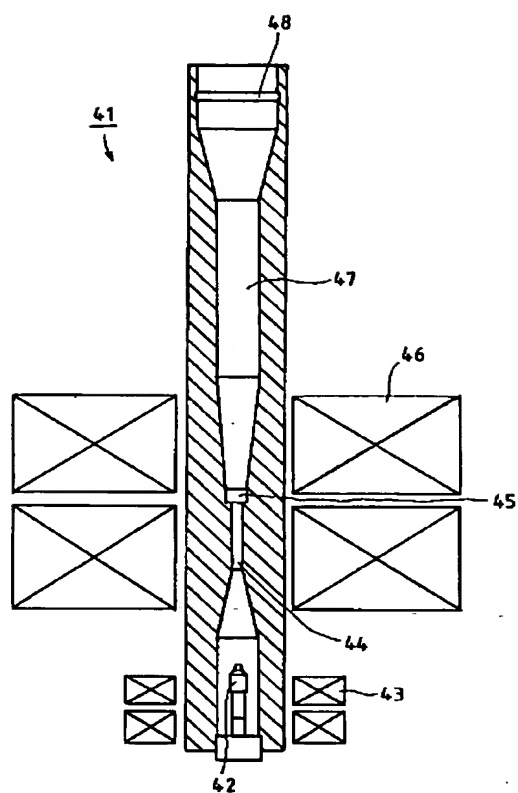
【図3】



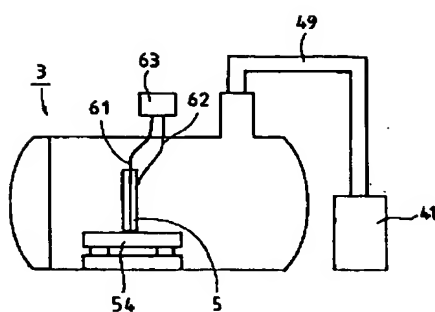
【図6】



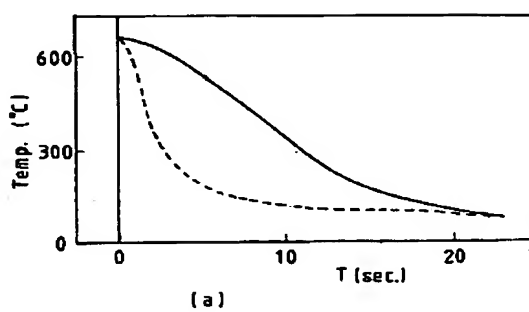
【图2】



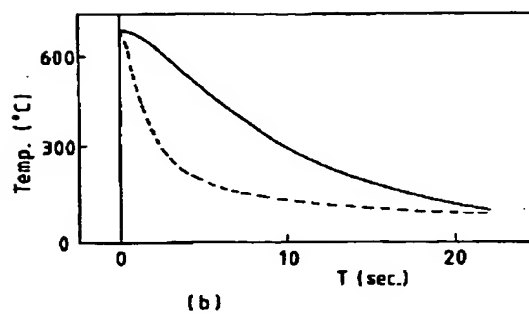
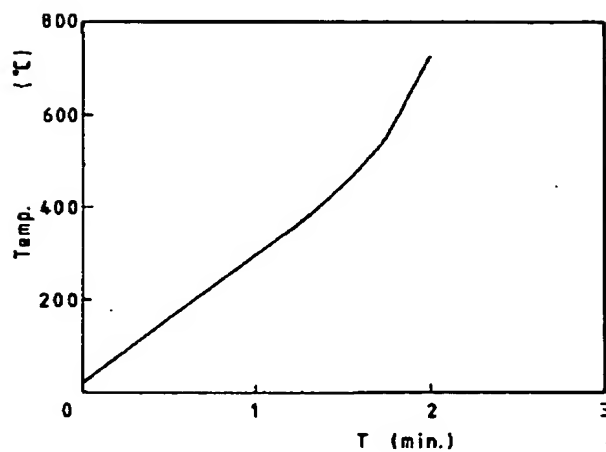
【图4】



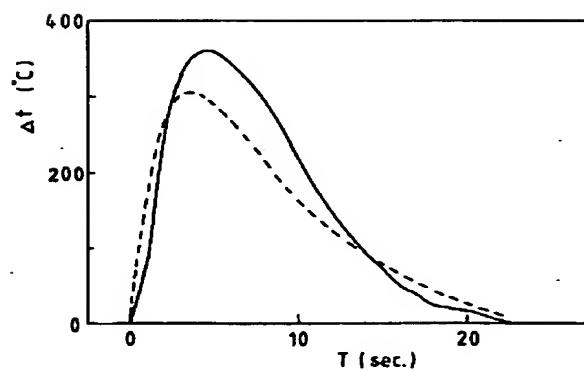
【图7】



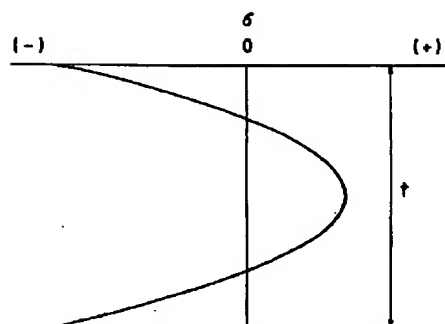
【图5】



【图8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 中岡 英一
大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号
日本板硝子株式会社内

Fターム(参考) 3K090 PA03
4G015 CA02 CA08 CA10 CB01 CC01
4G059 AA01 AB01 AB09 AC30